华北棉区主要害虫抗药性监测与治理技术示范

张 帅[1], 马 艳[2], 闵 红[3], 于晓庆[4], 李 娜[5], 芮昌辉[6,*], 高希武[7,*]

(1. 全国农业技术推广服务中心, 北京 100125; 2. 中国农业科学院棉花研究所, 河南安阳 455112;
3. 河南省植保植检站, 郑州 450002; 4. 山东省植保总站, 济南 250100; 5. 河北省植保站, 石家庄 050011;
6. 中国农业科学院植物保护研究所, 北京 100193; 7. 中国农业大学植物保护学院, 北京 100193)

摘要:【目的】华北地区转基因 Bt 棉大面积种植后,刺吸式口器害虫已成为棉花主要害虫。本研究旨在监测明确棉花主要害虫对田间常用杀虫剂抗性水平变化,以指导田间合理用药。【方法】2013 - 2015 年分别采用叶片药膜法和点滴法系统监测了河北省邱县、山东省滨州市、河南省西华县棉铃虫 *Helicoverpa armigera*、棉蚜 *Aphis gossypii*、绿盲蝽 *Apolygus lucorum* 对常用杀虫药剂的抗性动态变化情况。【结果】棉铃虫对辛硫磷、高效氯氟氰菊酯抗性呈上升趋势,抗性倍数都在 20 倍以上,对甲氨基阿维菌素苯甲酸盐从敏感状态转为中等水平抗性,抗性倍数在 10 倍以上。棉蚜对杀虫剂抗性水平都比较高,特别是对氧化乐果、高效氯氰菊酯、吡虫啉都已产生了高水平抗性,抗性倍数都在 100 倍以上。绿盲蝽对吡虫啉从敏感状态转为中等水平抗性,抗性倍数在 10 倍以上,对马拉硫磷、灭多威等药剂抗性倍数还维持在 10 倍以下,对高效氯氟氰菊酯只监测到滨州种群产生了中等水平的抗性,抗性倍数达到了 95 倍。在明确棉花害虫抗药性水平的基础上,对山东滨州棉花害虫实施了以轮换用药为主的抗性治理示范,示范区比农户自防对照区减少 3 次用药,增加棉花产量 7.53%,节本增收 109.16 元,取得了较好的示范效果和经济效益。【结论】当前华北棉区主要害虫抗性水平上升,急需开展以轮换用药为主的抗性治理措施。

关键词: 棉花; 害虫; 棉铃虫; 棉蚜; 绿盲蝽; 抗药性监测; 治理技术示范

中图分类号: Q965.9 **文献标识码:** A **文章编号:** 0454-6296(2016)11-1238-08

Insecticide resistance monitoring and management demonstration of major insect pests in the main cotton-growing areas of northern China

ZHANG Shuai[1], MA Yan[2], MIN Hong[3], YU Xiao-Qing[4], LI Na[5], RUI Chang-Hui[6,*], GAO Xi-Wu[7,*]

(1. National Agro-tech Extension and Service Center, Beijing 100125, China; 2. Institute of Cotton Research, Chinese Academy of Agricultural Sciences, Anyang, Henan 455112, China; 3. Henan Plant Protection Station, Zhengzhou 450002, China; 4. Shandong Plant Protection Station, Jinan 250100, China; 5. Hebei Plant Protection Station, Shijiazhuang 050011, China; 6. Institute of Plant Protection, Chinese Academy of Agricultural Sciences, Beijing 100193, China; 7. College of Plant Protection, China Agricultural University, Beijing 100193, China)

Abstract:【Aim】Sucking insect pests have become the major cotton pests since transgenic Bt cotton was widely planted in the northern areas of China. The objective of this study is to make clear the status of insecticide resistance of the major cotton pests, so as to advise farmers to scientifically control insect pests.【Methods】Dynamic changes in insecticide resistance of *Helicoverpa armigera*, *Aphis gossypii* and *Apolygus lucorum* from Qiuxian County in Hebei Province, Binzhou City in Shandong Province, Xihua

基金项目: 公益性行业(农业)科研专项(201203038)

作者简介: 张帅, 男, 1978 年 9 月生, 山西太原人, 博士, 高级农艺师, 主要从事农业有害生物抗药性监测与治理以及新农药示范推广工作, E-mail: zhangsh2007@agri.gov.cn

* 通讯作者 Corresponding authors, E-mail: gaoxiwu@263.net.cn; chrui@ippcaas.cn

收稿日期 Received: 2016-08-04; 接受日期 Accepted: 2016-10-14

County in Henan Province were monitored from 2013 to 2015 using leaf dipping method and topical application method, respectively. 【Results】 The resistance levels of *H. armigera* to phoxim and cyhalothrin increased to over 20-fold, and *H. armigera* became resistant to emamectin benzoate, with a resistance ratio of 10-fold. The resistance ratios of *A. gossypii* to omethoate, cypermethrin and imidacloprid were over 100-fold. For *A. lucorum*, although its resistance to imidacloprid increased from susceptible to over 10-fold in the Qiuxian and Binzhou populations, the resistance ratios to malathion and methomyl remained below 10-fold in all the detected populations. However, the Binzhou population of *A. lucorum* showed 95-fold resistance to cyhalothrin. According to the resistance monitoring results, a rotation-based resistance management strategy was established and implemented in the cotton demonstration areas in Binzhou City, Shandong Province. Compared with conventional farmer-decisive farm, the cotton demonstration areas obtained good benefits, characterized by a 3-fold reduction of pesticide application, a 7.53% yield increase, and an extra income of 109.16 Yuan per 667 m^2. 【Conclusion】Insecticide resistance of the major cotton insect pests in the northern areas of China has developed, and rotation-based resistance management strategies are needed.

Key words: Cotton; insect pest; *Helicoverpa armigera*; *Aphis gossypii*; *Apolygus lucorum*; insecticide resistance monitoring; management demonstration

自 1997 年以来,我国转 *Bt* 基因抗虫棉的种植面积迅速增加,有效地控制了靶标害虫棉铃虫 *Helicoverpa armigera* 的发生危害(Wu *et al.*, 2008),并大幅度减少了化学农药的使用量。但是棉蚜 *Aphis gossypii*、棉盲蝽(绿盲蝽 *Apolygus lucorum*、中黑盲蝽 *Adelphocoris suturalis*、苜蓿盲椿 *A. lineolatus* 等)等刺吸式口器害虫因缺少了原先棉铃虫化学防治带来的兼治作用而发生危害不断加重(Wu *et al.*, 2002; 郭建英等, 2005; 陆宴辉, 2012),且棉蚜已成为抗药性严重和难以治理的重要害虫(李飞等, 2001; 梁彦等, 2013)。因此,为及时了解当前转 *Bt* 基因抗虫棉田主要害虫对田间常用药剂抗性现状,指导转 *Bt* 基因抗虫棉田合理用药,在 2013 – 2105 年间,全国农业技术推广服务中心与国家公益性行业(农业)科研专项作物害虫抗药性监测及治理技术研究与示范(201203038)项目组联合在华北棉区河北省邱县、山东省滨州市、河南省西华县设立抗药性监测点,用于监测棉铃虫、棉蚜、绿盲蝽抗药性动态变化情况。同时,在摸清抗药性水平的基础上,2015 年在山东省滨州市设立棉花害虫抗药性治理技术示范区,开展以轮换用药为主的棉花害虫全程用药防控措施,以期为棉花害虫的科学用药和抗性治理提供依据。

1　材料与方法

1.1　供试虫源

测定对象包括棉铃虫 *H. armigera*、棉蚜 *A. gossypii* 和绿盲蝽 *A. lucorum*。由河北省邱县植保站、山东省滨州市植保站、河南省西华县植保站 2013 – 2015 年采集棉蚜和绿盲蝽成虫虫送到中国农业大学,采集棉铃虫成虫送到中国农业科学院棉花研究所进行生物测定。供试昆虫采集信息见表 1 ~ 3。

表 1　棉铃虫测试种群采集信息

Table 1　Collecting data of the tested field populations of *Helicoverpa armigera*

种群代码 Population code	采集地点 Collecting locality	采集时间 Collecting date	经纬度 Coordinates	虫态 Insect stage	寄主植物 Host plant
QX	河北邱县 Qiuxian, Hebei	2013.6, 2014.6, 2015.6	115°17′E, 36°82′N	成虫 Adult	棉花(冀棉 863) Cotton (Jimian 863)
BZ	山东滨州 Binzhou, Shandong	2014.6, 2015.6	118°00′E, 37°38′N	成虫 Adult	棉花(冀棉 169) Cotton (Jimian 169)
XH	河南西华 Xihua, Henan	2013.6, 2014.6, 2015.6	114°53′E, 33°80′N	成虫 Adult	棉花(中棉 29) Cotton (Zhongmian 29)

表 2 棉蚜测试种群采集信息

Table 2 Collecting data of the tested field populations of *Aphis gossypii*

种群代码 Population code	采集地点 Collecting locality	采集时间 Collecting date	经纬度 Coordinates	虫态 Insect stage	寄主植物 Host plant
QX	河北邱县 Qiuxian, Hebei	2013.8	115°17′E, 36°82′N	成虫 Adult	棉花(冀棉 863) Cotton (Jimian 863)
BZ	山东滨州 Binzhou, Shandong	2014.7	118°00′E, 37°38′N	成虫 Adult	棉花(冀棉 169) Cotton (Jimian 169)
XH	河南西华 Xihua, Henan	2013.8, 2014.8	114°53′E, 33°80′N	成虫 Adult	棉花(中棉 29) Cotton (Zhongmian 29)

表 3 绿盲蝽测试种群采集信息

Table 3 Collecting data of the tested field populations of *Apolygus lucorum*

种群代码 Population code	采集地点 Collecting locality	采集时间 Collecting date	经纬度 Coordinates	虫态 Insect stage	寄主植物 Host plant
QX	河北邱县 Qiuxian, Hebei	2014.8, 2015.8	115°17′E, 36°82′N	成虫 Adult	棉花(冀棉 863) Cotton (Jimian 863)
BZ	山东滨州 Binzhou, Shandong	2014.8, 2015.8	118°00′E ,37°38′N	成虫 Adult	棉花(冀棉 169) Cotton (Jimian 169)
XH	河南西华 Xihua, Henan	2014.8	114°53′E, 33°80′N	成虫 Adult	棉花(中棉 29) Cotton (Zhongmian 29)

1.2 供试药剂

76.5% 氧化乐果原药,由天津市华宇农药有限公司提供;92% 辛硫磷原药、65% 甲氨基阿维菌素苯甲酸盐原药,由河南省安阳市全丰农药化工有限责任公司提供;98.0% 高效氯氟氰菊酯原药,由盐城福利德化工有限公司提供;94.3% 马拉硫磷原药,由山东省德州恒东农药化工有限公司提供;92% 高效氯氰菊酯原药、95.3% 吡虫啉原药、90% 灭多威原药由江苏常隆化工有限公司提供。

1.3 抗药性监测

参照棉铃虫抗药性监测农业行业标准 NY/T 2916-2016(张帅等, 2016)。将待测农药母液用 0.1% Triton X-100 水溶液按照等比梯度配制成 5 ~ 7 个系列浓度,把非转基因抗虫棉花圆叶片浸入药液 10 s 后正面朝上放置在吸水纸上;将晾干后的带药叶片置于标记好的 24 孔组织培养板内,每个圆叶片正面向上放置,每孔接入 1 头经饥饿 4 h 的 2 龄初幼虫。每个浓度处理 48 头,并设不含任何药剂的 0.1% Triton X-100 水溶液作为空白对照。拟除虫菊酯类、有机磷类杀虫剂处理 48 h 后检查结果,甲氨基阿维菌素苯甲酸盐处理 72 h 后检查结果。用毛笔轻触虫体,试虫不能正常爬行即视为死亡。

测定棉蚜抗药性采用叶片药膜法,参照 Moores 等(1996)方法。原药用丙酮溶解后,用 0.05% Triton X-100 水稀释成 5 ~6 个系列浓度,每个浓度 3 次重复,设空白对照。棉花叶片浸在不同浓度的药液中 30 s,反面朝上放置在琼脂上(约 25 mm 厚),自然晾干后接入无翅成蚜(每浓度处理 30 头),培养皿用保鲜膜封严,用小针打孔透气。置于温度 25℃、光周期 16L: 8D 的光照培养箱中饲养。48 h 后检查结果,用毛笔触动虫体,附肢完全不动者记为死亡。

测定绿盲蝽抗药性采用点滴法,参照谭瑶等(2012)方法。选用成虫期 3 – 5 d 的(产卵前期)成虫进行试验,所选药剂稀释成 5 ~7 个梯度,每个浓度 3 次重复,每个重复至少 10 头盲蝽,设丙酮为对照。使用半自动点滴仪将配好的农药液点在虫体前胸背板或腹面。点滴前,将蘸有乙醚的棉球放入饲养盒约 3 min 左右迷倒绿盲蝽,在每个生测杯中放一块新鲜绿豆角,将受药的盲蝽接于生测杯中,用纱布将生测杯罩好,再用皮套套紧杯口,24 h 后检测生测结果,不能行动或触碰虫体后不能行动即为死亡。

1.4 基于轮换用药的害虫抗药性治理田间示范

在山东省滨州市滨城区秦皇台乡东石村建立棉花害虫抗药性治理技术示范区(面积约 13.3 hm^2),开展轮换使用不同作用机理药剂防治害虫,由滨城区绿丰农作物病虫害防治专业合作社负责施药,施药器械为华盛中天背负式喷粉喷雾机 3WF-960E。同时在同一地区设立农户自主用药区,刘新强家,棉花面积约 0.34 hm^2,施药器械为临沂丰悦电动喷雾器 WBD20。棉花种植品种都为冀棉 169。

1.5 数据统计与分析

数据处理采用 SAS-probit 分析软件(SAS Institute Inc., 2001)。

2 结果

2.1 棉铃虫抗性监测

2013 – 2015 年间，邱县、滨州、西华三地棉铃虫种群对辛硫磷抗性倍数均有所上升，邱县种群从 13.4 倍上升到 28.7 倍，西华种群从 15.9 倍上升到 35.1 倍，滨州种群 2014 年和 2015 年抗性倍数分别为 28.6 倍和 29.6 倍，两者之间相差不大。邱县、滨州、西华三地棉铃虫种群对高效氯氟氰菊酯抗性倍数均有所上升，邱县种群从 15.9 倍上升到 41.4 倍，滨州种群从 28.9 上升到 205.1 倍，抗性增长显著。西华种群 2013 年和 2014 年抗性倍数分别为 11.4 倍和 21.4 倍。邱县、滨州、西华三地棉铃虫种群对甲氨基阿维菌素苯甲酸盐抗性倍数均有所上升，已从敏感状态转为抗性，邱县种群从 1.8 倍上升到 10.8 倍，西华种群从 5.3 倍上升到 35.3 倍，滨州种群从 3.5 倍上升到 34.3 倍（图 1）。

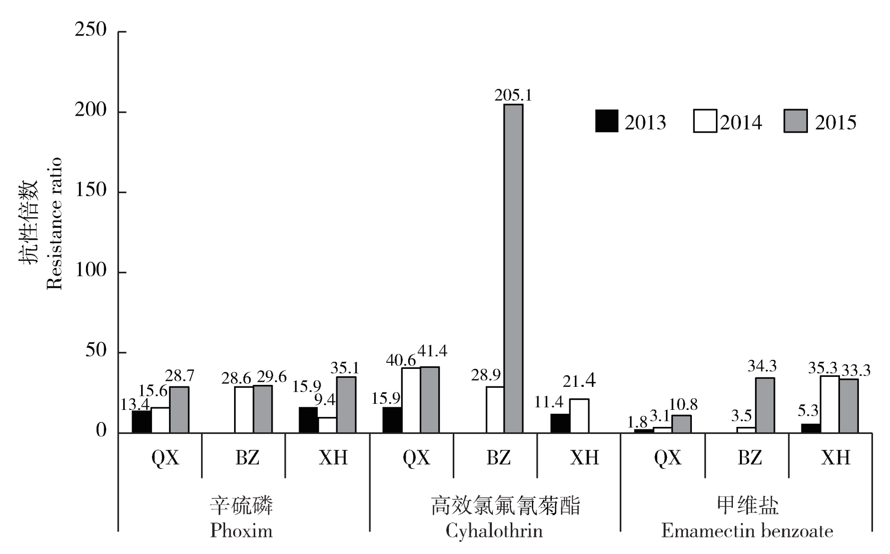


图 1 棉铃虫 3 个地理种群对 3 种药剂抗性监测结果

Fig. 1 Resistance monitoring results of three geographical populations of *Helicoverpa armigera* to three insecticides

种群代码同表 1。Population codes same as Table 1.

2.2 棉蚜抗性监测

2013 – 2014 年间，滨州、西华两地棉蚜种群对氧化乐果抗性倍数均大于 140 倍，西华种群对氧化乐果抗性倍数有所下降，从 2 206.7 倍下降到 537.6 倍。邱县、滨州、西华三地棉蚜种群对高效氯氰菊酯抗性倍数均较高，都已大于 10 000 倍。邱县、滨州两地棉蚜种群对灭多威抗性倍数均大于 10 倍，滨州种群对灭多威抗性倍数有所上升，从 18.3 倍上升到 70.4 倍。邱县、滨州、西华三地棉蚜种群对吡虫啉抗性倍数均大于 900 倍，特别是西华种群从 973.4 倍上升到 2 207.6 倍（图 2）。

2.3 绿盲蝽抗性监测

2014 – 2015 年间，邱县、滨州两地绿盲蝽种群对吡虫啉抗性倍数均有所上升，已从敏感状态转为抗性状态，邱县种群从 3.0 倍上升到 16.0 倍，滨州种群从 2.2 倍上升到 13.3 倍，西华种群只监测 2014 年结果，抗性倍数为 3.6 倍，处于敏感状态。邱县、滨州、西华三地绿盲蝽种群对高效氯氟氰菊酯抗性倍数差异较大，滨州种群抗性倍数最高为 95.1 倍，邱县、西华种群抗性倍数分别为 6.6 倍和 8.9 倍。邱县、滨州、西华三地绿盲蝽种群对马拉硫磷抗性倍数有所差异，滨州、西华种群已产生抗性，抗性倍数分别为 7.2 倍和 8.7 倍，邱县种群抗性倍数只为 1.2倍，尚处于敏感状态。邱县、滨州两地绿盲蝽种群对灭多威抗性倍数均有所降低，邱县种群从 7.7 倍下降到 2.0 倍，滨州种群从 7.4 倍下降到 3.2倍，西华种群 2014 年抗性倍数为 5.5 倍，已产生抗性（图 3）。

2.4 害虫抗药性治理田间示范

棉花害虫抗药性治理示范区以合理的轮换用药为核心，制定和实施了棉花主要害虫全程防治方案（表 4），主要包括：限制使用拟除虫菊酯类药剂防治棉花害虫，使用大环内酯类药剂甲维盐防治棉铃虫，轮换使用新烟碱类、有机磷类、氨基甲酸酯类防治棉蚜，轮换使用有机磷类、氨基甲酸酯类、新烟碱类药剂防治绿盲蝽。

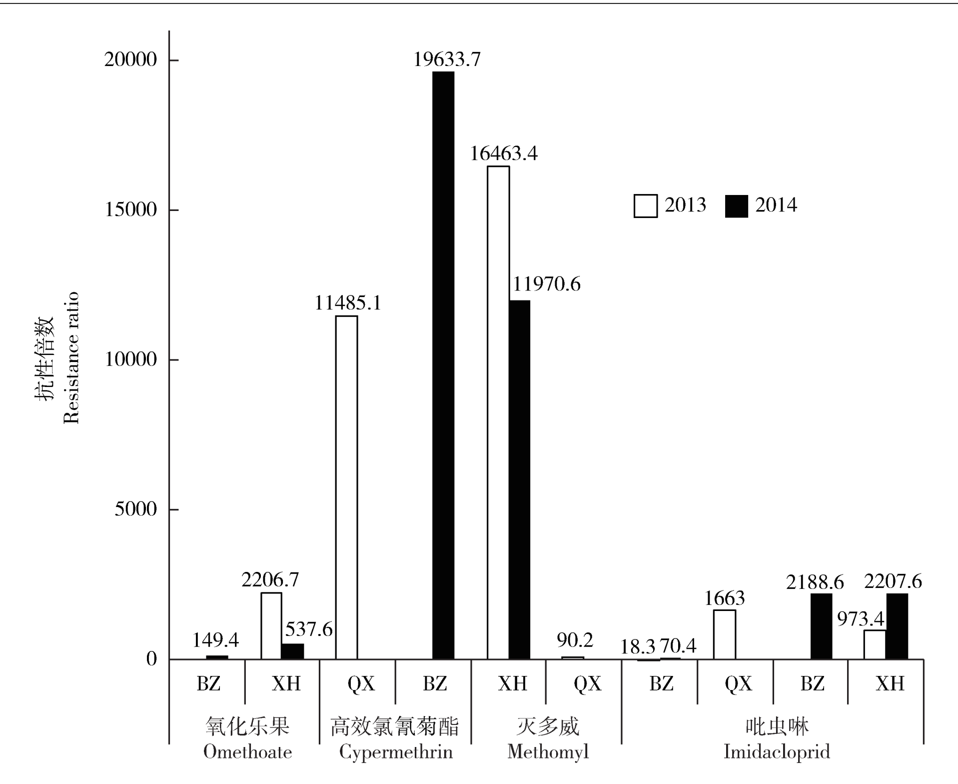


图 2 棉蚜 3 个地理种群对 4 种药剂抗性监测结果

Fig. 2 Resistance monitoring results of three geographical populations of *Aphis gossypii* to four insecticides

种群代码同表 2。Population codes same as Table 2.

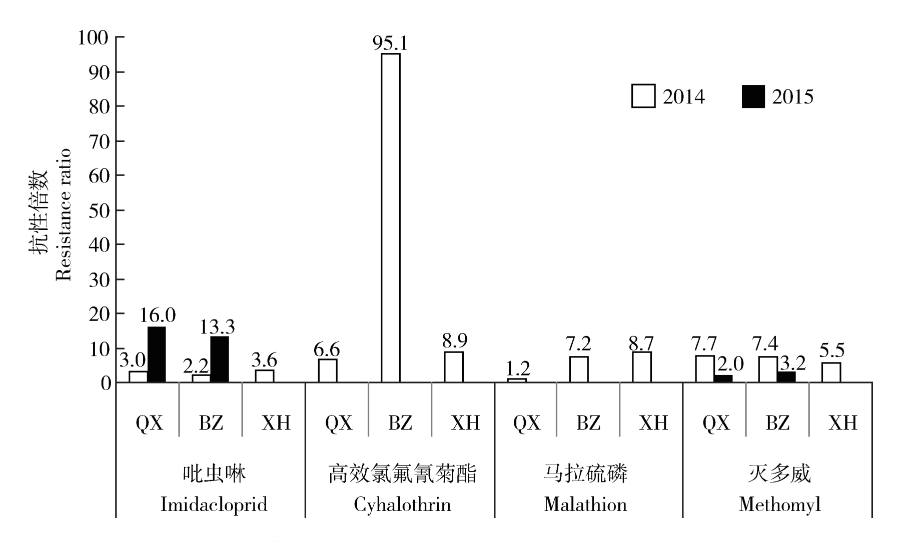


图 3 绿盲蝽 3 个地理种群对 4 种药剂抗性监测结果

Fig. 3 Resistance monitoring results of three geographical populations of *Apolygus lucorum* to four insecticides

种群代码同表 3。Population codes same as Table 3.

滨州棉花害虫抗性治理示范区和农户自防区种植的棉花于 2015 年 4 月 10 – 12 日播种。在棉花害虫防治过程中，示范区施药 8 次，使用农药品种 10 种；农户自主用药区施药 11 次，使用农药品种 13 种。在不同时期分 5 次调查了药后棉花害虫防治效果，经显著性检验（$P < 0.05$），示范区 5 月 26 日苗蚜、6 月 24 日绿盲蝽、7 月 25 日伏蚜百株虫量显著低于农民自防区；其他调查数据在示范区和农民自防区间差异不显著（表 5）。

示范区农药成本合计为每亩 60.42 元，加上用药人工及机械成本，共计总成本为每亩 140.42 元。农户自防区农药成本合计为每亩 56.95 元，加上用药人工及机械成本，共计总成本为每亩 166.95 元。示范区平均产量为每亩 83.65 kg，平均每亩比农户

表 4 棉花害虫防控用药记录

Table 4 Records of insecticide application for control cotton pests

防治对象 Target	日期(月/日) Date (Month/day)	示范区 Demonstration areas	农户自防区 Farmer areas
棉蚜 *Aphis gossypii*	5/5	–	70% 吡虫啉 Imidacloprid WP (3 g/667 m^2)
棉蚜 *A gossypii*, 绿盲蝽 *Apolygus lucorum*	5/15 – 18	70% 噻虫嗪 Thiamethoxam WS(3 g/667 m^2), 20% 丁硫克百威 Carbosulfan EC (15 mL/667 m^2)	3% 高氯 · 吡虫啉 Beta-cypermethrin · imidacloprid EC(35 mL/667 m^2)
棉蚜 *A. gossypii*	5/25 – 26	70% 吡虫啉 Imidacloprid WG(3 g/667 m^2)	3% 高氯 · 吡虫啉 Beta-cypermethrin · Imidacloprid EC (35 mL/667 m^2), 25 g/L 联苯菊酯 Bifenthrin EC(25 mL/667 m^2)
棉蚜 *A. gossypii*	6/3 – 5	2.5% 高效氯氟氰菊酯 Lambda-cyhalothrin ME (30 g/667 m^2), 40% 毒死蜱 Chlorpyrifos EC(75 mL/667 m^2)	3.2% 甲维 · 啶虫脒 Emamectin benzoate · acetamiprid ME (20 mL/667 m^2), 40% 毒死蜱 Chlorpyrifos EC (75 mL/667 m^2), 1.8% 阿维菌素 Avermectin EC (50 mL/667 m^2)
棉蚜 *A. gossypii*	6/17 – 18	40% 啶虫脒 Acetamiprid WG (15 g/667 m^2)	30% 阿维 · 烯啶虫胺 Avermectin · nitenpyram WP (13 g/667 m^2), 8 000 IU/μL 苏云金杆菌 *Bacillus thuringiensis* SC (20 mL/667 m^2)
棉蚜 *A. gossypii*, 红蜘蛛 *Tetranychus cinnabarinus*, 棉铃虫 *Helicoverpa armigera*	6/28	–	30% 阿维 · 烯啶虫胺 Avermectin · nitenpyram WP (13 g/667 m^2), 8 000 IU/μL 苏云金杆菌 *Bacillus thuringiensis* SC (20 mL/667 m^2)
棉铃虫 *H. armigera*, 棉蚜 *A. gossypii*, 绿盲蝽 *A. lucorum*	7/2	50% 氟啶虫胺腈 Sulfoxaflor WG (6 g/667 m^2), 1% 甲维盐 Emamectin benzoate ME (100 mL/667 m^2)	–
棉蚜 *A. gossypii*	7/7 – 10	20% 丁硫克百威 Carbosulfan EC (30 mL/667 m^2), 40% 啶虫脒 Acetamiprid WG (15 g/667 m^2)	200 g/L 丁硫克百威 Carbosulfan EC (30 mL/667 m^2), 5.4% 阿维 · 高氯 Avermectin · beta-cypermethrin EC (36 mL/667 m^2), 30% 啶虫脒 Acetamiprid SL (30 mL/667 m^2)
棉蚜 *A. gossypii*, 绿盲蝽 *A. lucorum*	7/22	–	25% 噻虫嗪 Thiamethoxam SC (8 g/667 m^2), 10% 烯啶虫胺 Nitenpyram AS (17 mL/667 m^2)
棉铃虫 *H. armigera*, 绿盲蝽 *A. lucorum*	8/14	–	30% 啶虫脒 Acetamiprid SL (30 mL/667 m^2), 5.4% 阿维 · 高氯 Avermectin · beta-cypermethrin EC (36 mL/667 m^2)
绿盲蝽 *A. lucorum*, 烟粉虱 *Bemisia tabaci*	8/24 – 25	50% 氟啶虫胺腈 Sulfoxaflor WG (6 g/667 m^2), 1% 甲维盐 Emamectin benzoate ME (100 mL/667 m^2)	40% 毒死蜱 Chlorpyrifos EC (75 mL/667 m^2), 30% 啶虫脒 Acetamiprid SL (30 mL/667 m^2)
绿盲蝽 *A. lucorum*, 烟粉虱 *B. tabaci*	9/4 – 5	1.8% 阿维菌素 Avermectin EC(50 mL/667 m^2), 10% 烯啶虫胺 Nitenpyram AS (25 mL/667 m^2)	40% 毒死蜱 Chlorpyrifos EC (75 mL/667 m^2), 25% 噻虫嗪 Thiamethoxam SC (8 g/667 m^2)

AS：水剂 Aqueous solution；EC：乳油 Emulsifiable concentrate；ME：微乳剂 Microemulsion；SC：悬浮剂 Suspension concentrate；SL：可溶性液剂 Soluble concentrate；WG：水分散粒剂 Water dispersible granules；WP：可湿性粉剂 Wettable powder；WS：湿拌种剂 Water dispersible powder for slurry treatment.

自防区增产 5.86 kg，增产率为 7.53%，按照 14.1 元/kg 计算，每亩增收 82.63 元。综合以上测算，示范区平均每亩比农户自防区节本增收 109.16 元。

3 讨论

我国从“六五”后期开始，将棉花主要害虫抗药性治理研究列入国家科技攻关计划，系统监测了棉铃虫、棉蚜对主要化学农药的抗性动态，选育了对不同农药的抗性品系，并开展了抗性谱、交互抗性、抗性遗传等多方面的研究工作（吴孔明和郭予元，1998）。尽管转 *Bt* 基因棉的大面积种植暂时缓解了棉铃虫对化学农药的抗性发展（Wu and Guo，2005），但在棉花生长后期，由于 *Bt* 蛋白的表达量

表 5 棉花害虫抗性治理示范结果
Table 5 Demonstration results of insecticide resistance management of cotton pests

		日期(月-日) Date (Month-day)							产量 Yield (kg)
		5-26	6-24	7-1	7-25		8-23		
		棉苗蚜 *Aphis gossypii* on seedlings	绿盲蝽 *Apolygus lucorum*	第 2 代棉铃虫 2nd generation of *Helicoverpa armigera*	伏蚜 Summer-type *A. gossypii*	第 3 代棉铃虫 3rd generation of *H. armigera*	绿盲蝽 *A. lucorum*	棉蓟马 *Thrips flavus*	
		百株虫量 Number of insect individuals per hundred plants	百株虫量 Number of insect individuals per hundred plants	被害蕾(个/百株) Damaged buds (number of individuals per hundred plants)	百株虫量 Number of insect individuals per hundred plants	百株虫量 Number of insect individuals per hundred plants	百株虫量 Number of insect individuals per hundred plants	单花虫量 Number of insect individuals per flower	
示范区 Demonstration areas	1	315	5	13	1 850	2	8	31	84.48
	2	402	4	10	2 010	2	6	35	82.55
	3	387	5	14	1 996	3	8	36	83.91
	平均 Average	368 b	4.7 b	12 a	1 952 b	2.3 a	7.3 a	34 a	83.65
农户自防区 Farmer self-control areas	1	455	6	14	2 310	2	9	36	77.58
	2	515	6	16	2 505	3	10	38	79.42
	3	491	7	17	2 603	4	12	39	76.38
	平均 Average	487 a	6.3 a	16 a	2 473 a	3 a	10.3 a	38 a	77.79

数据后不同小写字母为 5% 水平上示范区和农民自防区害虫数量差异显著(邓肯氏新复极差法)。Values in the same column with different lowercase letters are significantly different in insect quantity between the demonstration areas and farmer self-control areas at the 0.05 level (Duncan's multiple range test).

降低, 常造成 3、4 代棉铃虫发生严重, 仍需进行药剂防治(崔金杰和夏敬源, 1999)。本研究抗性监测结果表明,推广种植转 Bt 基因抗虫棉后,对有机磷、拟除虫菊酯这些曾大量用于防治棉铃虫的杀虫剂,棉铃虫仍都有不同程度的抗性,目前抗性倍数都在 20 倍以上。甲氨基阿维菌素苯甲酸盐是新型大环内酯类化合物,主要作用方式是胃毒和触杀作用,由于其对棉铃虫良好的防治效果(于宏坤等, 2006),在棉田得到了大面积推广应用。本研究发现华北棉区棉铃虫种群已在 2013 – 2015 年间对甲氨基阿维菌素苯甲酸盐产生了抗药性,且抗性呈较快的上升发展趋势(图 1)。

由于近几年棉盲蝽大量发生,棉蚜在不同年份也存在大发生的现象,以及转 *Bt* 基因抗虫棉全生育期抗性不稳定性表达等问题的出现,使得有机磷、氨基甲酸酯和拟除虫菊酯类杀虫剂的用药水平又有所上升,棉蚜对这些药剂的抗性也逐渐提高(高占林等, 2008; Shang *et al*., 2012)。而随着新烟碱类杀虫剂吡虫啉的广泛使用,棉蚜迅速产生了较高的抗性,抗性倍数可达几千倍以上(Herron and Wilson, 2011; 张帅, 2015),这与本研究的结果是一致的(图 2)。因此,寻找有效控制棉蚜的新型、高效药剂迫在眉睫。氟啶虫胺腈是防治刺吸式害虫的新型杀虫剂,能有效防治对新烟碱、拟除虫菊酯,有机磷和氨基甲酸酯类药剂产生抗性的刺吸式害虫。赵冰梅等(2013)研究发现,氟啶虫胺腈 50% WG 对棉蚜具有较好的防治效果,中、高剂量处理即 25 和 35 g/hm^2 处理的防效极显著优于马拉硫磷、啶虫脒处理,有效控蚜期达 14 d 以上,可作为田间防治棉蚜的替代药剂。

目前生产上防治棉盲蝽的药剂仍以有机磷、拟除虫菊酯、新烟碱类药剂为主。马艳等(2006)研究发现,毒死蜱、马拉硫磷等有机磷类药剂对棉盲蝽的毒力大于高效氯氟氰菊酯等拟除虫菊酯类药剂。本研究发现华北棉区绿盲蝽种群均对高效氯氟氰菊酯产生不同程度抗性,而对马拉硫磷等有机磷类药剂处于敏感至低水平抗性。随着新烟碱类药剂使用量的增加,对吡虫啉抗性呈上升趋势(图 3)。因此,在棉盲蝽的化学防治上,需要从抗药性治理角度考虑,科学安排已存在抗药性发展趋势的杀虫剂品种的使用剂量和使用频率。

从我国近年来转 Bt 基因抗虫棉田害虫的防治实践来看,今后需以棉蚜、棉盲蝽等刺吸性害虫为防治重点,兼治棉铃虫和其他害虫。从害虫抗药性治理角度考虑,为避免出现 20 世纪 80 年代末由于棉铃虫对拟除虫菊酯类杀虫剂抗药性突增导致棉田用药混乱的局面,应根据不同棉区棉花整个生育期害

虫全程控制的需要，在掌握棉花主要害虫抗药性动态变化的基础上，统筹安排不同杀虫作用机理杀虫剂品种的合理轮换和用药剂量的合理控制。通过在山东滨州棉花害虫抗性治理示范区的害虫抗药性治理实践证明，合理地轮换应用不同杀虫作用机理的药剂统筹开展棉花全生育期害虫化学防治，在延缓害虫抗药性发展、有效防治害虫和棉花生产经济效益上均可取得良好效果（表 1 和 2）。

参考文献（References）

Cui JJ, Xia JY, 1999. Studies on the resistance dynamic of the Bt transgenic cotton on cotton bollworm. *Cotton Science*, 11(3): 141－146.［崔金杰，夏敬源，1999. 转 Bt 基因棉对棉铃虫抗性的时空动态. 棉花学报，11(3)：141－146］

Gao ZL, Li YF, Dang ZH, Pan WL, 2008. A study on the development of *Aphis gossypii* resistance to imidacloprid etc. in the different areas of Hebei Province. *Journal of Agricultural University of Hebei*, 31(3): 81－84.［高占林，李耀发，党志红，潘文亮，2008. 河北省不同地区棉蚜对吡虫啉等杀虫剂抗药性发展动态研究. 河北农业大学学报，31(3)：81－84］

Guo JY, Zhou HX, Wan FH, Liu XJ, Han ZJ, 2005. Population dynamics and damage of *Lygus lucorum* in Bt cotton fields under two control measures. *Chinese Bulletin of Entomology*, 42(4): 424－428.［郭建英，周洪旭，万方浩，刘小京，韩召军，2005. 两种防治措施下转 Bt 基因棉田绿盲蝽的发生与为害. 昆虫知识，42(4)：424－428］

Herron GA, Wilson LJ, 2011. Neonicotinoid resistance in *Aphis gossypii* Glover (Aphididae: Hemiptera) from Australian cotton. *Austral. J. Entomol.*, 50(50): 93－98.

Li F, Han ZJ, Wu ZF, Wang YC, 2001. Insecticide resistance of *Aphis gossypii* Glover in cotton in China. *Cotton Science*, 13(2): 121－124.［李飞，韩召军，吴智锋，王荫长，2001. 我国棉蚜抗药性研究现状. 棉花学报，13(2)：121－124］

Liang Y, Zhang S, Shao ZR, Gao XW, 2013. Insecticide resistance in and chemical control of the cotton aphid, *Aphis gossypii* (Glover), *Plant Protection*, 39(5): 70－80.［梁彦，张帅，邵振润，高希武，2013. 棉蚜抗药性及其化学防治. 植物保护，39(5)：70－80］

Lu YH, 2012. Advance in insect pest management in Bt cotton worldwide. *Chinese Journal of Applied Entomology*, 49(4): 809－819.［陆宴辉，2012. Bt 棉花害虫综合治理研究前沿. 应用昆虫学报，49(4)：809－819］

Ma Y, Cui JJ, Peng J, 2006. Efficacy of insecticide against cotton plant bugs and controlling technique in the transgenic Bt cotton field. *Acta Agriculturae Boreali-occidentalis Sinica*, 15(1): 60－63.［马艳，崔金杰，彭军，2006. 转 Bt 基因抗虫棉田棉盲蝽防治剂筛选及施药技术研究. 西北农业学报，15(1)：60－63］

Moores GD, Gao XW, Denholm I, Devonshire AL, 1996. Characterization of insensitive acetylcholinesterase in the insecticide-resistant cotton aphid, *Aphis gossypii* Glover (Homoperta: Aphidedae). *Pestic. Biochem. Physiol.*, 56(2): 102－110.

SAS Institute Inc., 2001. SAS/STAT User's Guide. Vers. 8.2. SAS Institute Inc., Cary, NC, USA.

Shang Q, Pan YO, Fang K, Xi JH, Brennan JA, 2012. Biochemical characterization of acetylcholinesterase, cytochrome P450 and cross-resistance in an omethoate-resistant strain of *Aphis gossypii* (Glover). *Crop Protection*, 31(1): 15－20.

Tan Y, Zhang S, Gao XW, 2012. Monitoring the insecticide resistance of the cotton bugs *Apolygus lucorum* and *Adelphocoris suturalis*. *Chinese Journal of Applied Entomology*, 49(2): 348－358.［谭瑶，张帅，高希武，2012. 两种盲蝽的抗药性监测. 应用昆虫学报，49(2)：348－358］

Wu KM, Guo YY, 1998. Current research and development tendency in the 21st of cotton pest in China. In: Forecast 21st Century of Plant Protection－Forecast 21st Century of Plant Protection & Proceedings of National Conference on Young Plant Protection Science and Technology Workers. China Science and Technology Press, Beijing. 25－29.［吴孔明，郭予元，1998. 浅谈我国棉花害虫的研究现状及 21 世纪的发展方向. 见：植物保护 21 世纪展望——植物保护 21 世纪展望暨第三届全国青年植物保护科技工作者学术研讨会文集. 北京：中国科学技术出版社. 25－29］

Wu KM, GuoYY, 2005. The evolution of cotton pest management practices in China. *Annu. Rev. Entomol.*, 50: 31－52.

Wu KM, Li W, Feng HQ, Guo YY, 2002. Seasonal abundance of the mirids, *Lygus lucorum* and *Adelphocoris* spp. (Hemiptera: Miridae) on Bt cotton in northern China. *Crop Protection*, 21(10): 997－1002.

Wu KM, Lu YH, Feng HQ, Jiang YY, Zhao JZ, 2008. Suppression of cotton bollworm in multiple crops in China in areas with Bt toxin-containing cotton. *Science*, 321(5896): 1676－1678.

Yu HK, Liang GM, Ren MY, Zhang YJ, Chang HL, Wu KM, Guo YY, 2006. Study on substitutional insecticides to replace hypertoxic insecticides against cotton bollworm, *Helicoverpa armigera*. *Chinese Journal of Pesticide Science*, 8(4): 327－334.［于宏坤，梁革梅，任明勇，张永军，常洪雷，吴孔明，郭予元，2006. 防治棉铃虫的高毒农药替代品种研究. 农药学学报，8(4)：327－334］

Zhang S, 2015. Results of pesticide resistance monitoring towards the agricultural pests and suggestions on scientific use of pesticides in 2014. *China Plant Protection*, 35(3): 65－69.［张帅，2015. 2014 年全国农业有害生物抗药性监测结果及科学用药建议. 中国植保导刊，35(3)：65－69］

Zhang S, Wu YD, Zhang HN, Yang YH, Wu SW, Ju GG, Song SE, 2016. Guidelines for Insecticide Resistance Monitoring of *Helicoverpa armigera* (Hübner) NY/T 2916-2016. China Agriculture Press, Beijing.［张帅，吴益东，张浩男，杨亦桦，武淑文，鞠国钢，宋姝娥，2016. 棉铃虫抗药性监测技术规程 NY/T 2916-2016. 北京：中国农业出版社］

Zhao BM, Ma JF, He WJ, Wang P, 2013. Field control efficacy of sulfoxaflor 50% WG on *Aphis gossypii*. *China Plant Protection*, 33(6): 56－58.［赵冰梅，马江锋，何卫疆，王彭，2013. 50% 氟啶虫胺腈 WG 对棉蚜的田间防治效果. 中国植保导刊，33(6)：56－58］

（责任编辑：袁德成）